



TITLE:

非平衡系の統計力学(第22回物性若手「夏の学校」開催後期・報告)

AUTHOR(S):

柴田, 文明; 榎谷, 道子

CITATION:

柴田, 文明 ...[et al]. 非平衡系の統計力学(第22回物性若手「夏の学校」開催後期・報告). 物性研究 1977, 29(3): 139-141

ISSUE DATE:

1977-12-20

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/89445>

RIGHT:

第1図に見られるような形をしている。

講義においては、まず、正常状態の ^3He が、ランダウのフェルミ流体理論でいかに記述されるかが示され、帯磁率等の表式が導出された。続いて、比熱、スピン帯磁率、第四音波等の実験結果が示され、 T_c 付近でのこれらの量のふるまいから、低温相が超流動状態である事、転移の次数等が示された。

超流動状態の理論としては、 ^3He 原子が軌道角運動量1の状態 Cooper 対を作るとして、スピン空間でのマトリックス形のオーダー・パラメタを定義し GL 理論の範囲で BW 状態 (isotropic) と ABM 状態 (anisotropic) が可能である事が示され、帯磁率や比熱の T_c でのふるまいが議論された。実験的には ABM 相は A 相、BW 相は B 相に対応すると考えられる。

微視的理論としては、超伝導の場合を拡張した BCS 理論が紹介された。対をつくる相互作用の媒介としては、 ^3He が nearly ferromagnetic であるために生ずるパラマグノンが考えられる。

続いて超流動状態での NMR、集団運動モードとしてのスピン波、音波（特に第四音波）、凝縮対の軌道角運動量 ($\vec{\ell}$ ベクトル) の振動としての Orbital made について議論があった。

^3He においてみられる不均一な状態としては ℓ -ベクトルのつくるパターンとしての texture が最近の注目を集めている。Maki-Tsuneto, Fetter, Mermin-Ho, Anderson-Toulouse 等によって考えられた、様々なパターンが紹介された。

(飛田和男)

Statistical Mechanics Theory of Non-equilibrium System

講師 お茶大 柴田 文明

この講義では、コヒーレント表示、及び非 Markov 過程における time convolutionless master 方程式について話された。

I 一般化された位相空間の方法

量子力学的な非可換な量を取り扱うのに、 c -数空間に対応させる方法がある。そのひとつにコヒーレント表示がある。

Bose 演算子についていうと、コヒーレント状態 $|z\rangle$ は Bose 演算子 a の固有状態として、

$$a|z\rangle = z|z\rangle$$

$$|z\rangle = \sum_n \frac{z^n}{n!} e^{-|z|^2/2} |n\rangle$$

のように書ける。 $|z\rangle$ は完全性を満たしてはいるが、直交性は満たしていない。完全性により、任意の状態、演算子、積等について、 c -数空間と一対一対応がつき、その処方箋がつくられる。

ところで、Spin 演算子についても、二種の Bose 演算子 $\{a_+, a_+\}^+$; 及び、 $\{a_-, a_-\}^+$ を用いて、

$$s_{\pm} = a_{\pm}^+ a_{\mp}, \quad s_0 = \frac{1}{2} \{a_+^+ a_+ - a_-^+ a_-\}$$

のように書けるので、コヒーレント表示ができる。しかし、ここで導びかれた、スピノコヒーレント状態には、spin の大きさ J のすべての値が含まれている。そこで、 $J^2 = s_0^2 + \frac{1}{2}(s_+ s_- + s_- s_+)$ の部分のみを取り出す射影演算子 P_J をほどこす。つまり、いったん広げた空間から、必要な部分だけを取り出すわけである。このようにして、スピノコヒーレント状態は J, φ, θ で記述される。Bloch 状態と関係づけられていく。

なお、Fermi 演算子については、ようやく手がつけられたばかりで、我々に残された課題であるといえる。

II Damping Theory ; Schrödinger Picture Non-Markov 過程は

$$P\dot{W}(t) = -i P L P W(t) - \int_0^t d\tau P L e^{-i Q L \tau} Q L P W(t-\tau) - i P L e^{-i Q L t} Q W(0)$$

のように time convolution を含んだ形に書けるが、

$$\theta(t) = [1 + \int_0^t e^{-i Q L \tau} i Q L P e^{i L \tau} d\tau]^{-1}$$

を導入すると、

$$P\dot{W}(t) = -i P L P W(t) - i P L \{\theta(t) - 1\} P W(t) - i P L \theta(t) e^{-i Q L t} Q W(0)$$

ように、time convolution を含まない形になる。射影演算子 P は、普通、熱浴からの

影響を現象論的に扱うように決める。

この方法を, stochastic Liouville 方程式において用いると, Liouville 演算子を, $L(t) = L_0 + L_1(t)$ のように分け, 射影演算子を, $L_1(t)$ についての確率平均をとるよう
に決めると, $\rho(t) = PW(t) = \langle W(t) \rangle_B$ は

$$\dot{\rho}(t) = -i(L_0 + \langle L_1(t) \rangle_B) \rho(t) - \psi(t) \rho(t) + \hat{I}(t)$$

を満たす。ここで, $\psi(t)$ が L_1 で展開しやすい形をしている。

例として, Kubo-Anderson model

$$\dot{x}(t) = i[\omega_0 + g\omega_1(t)]x(t)$$

が取り上げられた。 $\omega_1(t)$ について Gauss 過程を仮定すると, $\psi(t)$ は $O(g^2)$ までで正確に求まる。これと従来の方法による $O(g^2)$ までの結果との比較が, 数値計算も使
ってなされた。 $\alpha = g\sqrt{\langle \omega_1^2 \rangle_B \tau_c}$ として, α が大のところ, あるいに, t の大の
ところで, 従来の方法はよくない結果を与えるが, time convolutionless master 方程式か
らの結果は常に正しい。

その他, damped oscillator, spin 緩和への応用が, 紹介されたが, その際コヒーレン
ト表示も使用された。また Heisenberg picture による Damping Theory の formalism
も紹介された。

丁寧な講義で, 時折, 耳の痛いアドリブもはいり, 質問も活発に出了ました。最後に,
各自, 感想, 将来への抱負を語り, 柴田先生の方からも, 私達若手に対する, 御意見,
アドバイスをいただき, 交流という面でも有益な二日間でした。

(梶谷道子)

乱 流 理 論

講師 央大理 中 野 徹

I Introduction

Transition to turbulence